



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici / G.ALCAMO. - STAMPA. - (2010), pp. 153-167.

Availability:

This version is available at: 2158/426300 since:

Publisher:

Sistemi Editoriali

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

■ 4 Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

Introduzione

Si sintetizzano qui alcuni metodi e strumenti di simulazione del comportamento energetico di un edificio, strumenti utili al progettista sia in fase di progetto preliminare che nel caso di indagini energetiche mirate alla riqualificazione di un edificio esistente. Da precisare che non esiste un unico strumento in grado di dare tutte le risposte utili all'analisi di un edificio, analisi che può essere non solo energetica ma sul soleggiamento e sui percorsi solari, analisi della ventilazione naturale, analisi del comfort indoor (termico, luminoso, acustico). A seconda del livello di approfondimento, può essere talvolta necessario utilizzare strumenti diversi; in generale si tende a fare una indagine di massima e poi se necessario approfondire le tematiche con strumenti specifici.

4.1 Progetto e valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

Lo studio e il progetto di nuovi edifici o di riqualificazione di edifici esistenti passa oggi quasi in maniera obbligata dall'indagine energetica che sempre più di frequente viene condotta con l'uso di software di simulazione. Le indagini possono essere di vario tipo e l'approccio di analisi prevede in generale i seguenti passaggi obbligati:

- costruzione del modello di analisi;
- recupero file climatico del sito;
- caratteristiche dell'involucro;
- analisi dei risultati.

Costruzione del modello di analisi

Il modello deve rispondere alle esigenze dell'indagine; questo vuol dire che il progettista deve inizialmente stabilire l'obiettivo dell'analisi. A seconda del tipo di indagine da svolgere, il modello geometrico da costruire nel software di simulazione avrà caratteristiche diverse. Uno dei passaggi più delicati infatti è proprio la simulazione di un edificio cercando di sintetizzarlo e semplificarlo in maniera opportuna. Se devo investigare dal punto di vista del soleggiamento e dell'illuminazione naturale, non è importante definire le caratteristiche termofisiche dei componenti edilizi, ma sarà necessario e sufficiente individuare lo spessore delle murature (che su edifici esistenti storici possono influire notevolmente sull'illuminazione naturale di interni) e le caratteristiche delle finiture superficiali (per esempio, il colore della finitura superficiale e l'eventuale rugo-

sità della superficie), nonché il contesto esterno che influenza la luce riflessa all'interno dell'ambiente. Nel caso in cui invece dovessi svolgere analisi di tipo termico, sarà necessario avere informazioni sulle caratteristiche termo-fisiche dell'involucro; spesso è necessario sintetizzare l'edificio e ragionare per zone termiche, cioè per zone che scambino energia tra di esse e con l'esterno. Per esempio: se volessi confrontare il comportamento termico di un appartamento posto all'ultimo piano di un edificio con il comportamento termico di un appartamento posto ad un piano intermedio, sarà sufficiente costruire sul modello geometrico due sole zone termiche da mettere a confronto. Se invece lo scopo dell'indagine termica è vedere il comportamento energetico di ciascuna zona dell'appartamento, sarà allora necessario costruire un modello geometrico con un numero di zone termiche pari al numero di vani dell'appartamento, oltre alle zone termiche con cui l'appartamento scambia energia (per esempio vani scala o appartamenti vicini o garage o cantine).

Recupero file climatico del sito

È necessario contestualizzare l'oggetto da studiare, non solo dal punto di vista plano-altimetrico ma anche dal punto di vista delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine per gli studi legati al soleggiamento) e dal punto di vista delle informazioni climatiche. Normalmente si cercano file climatici compatibili con lo strumento software che si sta adoperando; i file climatici possono essere di vario tipo e con estensione diversa e possono contenere informazioni orarie giornaliere annuali oppure informazioni sui valori medi mensili. In entrambi i casi, un file climatico contiene normalmente informazioni su:

- temperature esterne;
- umidità relativa esterna;
- velocità del vento;
- prevalenza del vento;
- piovosità del sito;
- radiazione solare diretta;
- radiazione solare diffusa.

Il governo degli Stati Uniti d'America, raccoglie file climatici in formato .stat oppure in formato .epw e sono il risultato di valori medi di almeno 10 anni di dati climatici. Ma cosa fare se devo studiare il comportamento energetico di un edificio sito in una località di cui non trovo specifico file climatico? In questo caso ho due strade da perseguire:

- posso costruire un file climatico raccogliendo le informazioni necessarie e cioè la raccolta dati di almeno 10 anni;
- oppure posso cercare tra i file climatici esistenti quelli che sono più simili al sito di interesse.

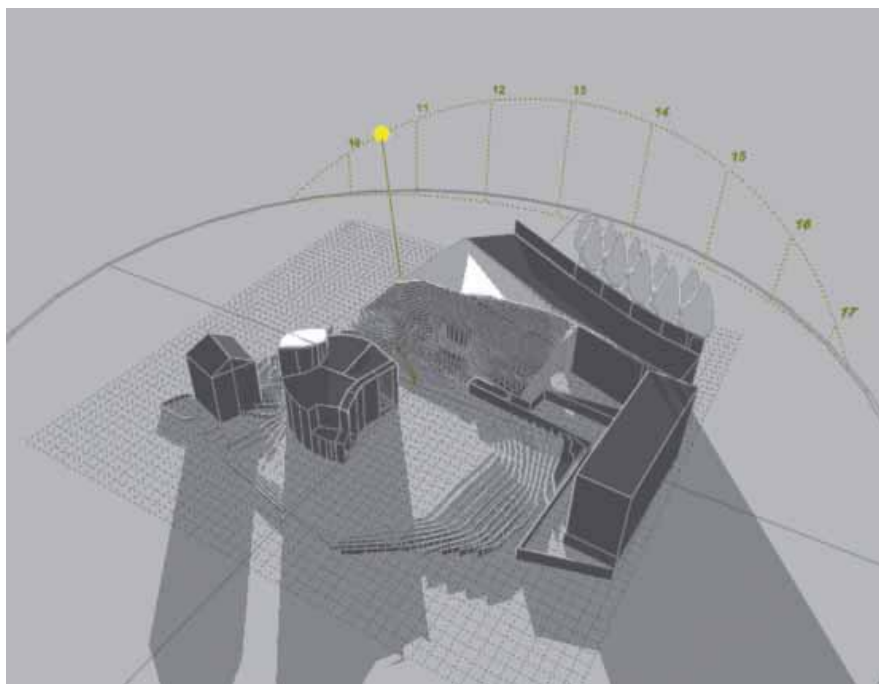


Fig. 4.1 Percorso solare e studio delle ombre in ECOTECT (Autori: G. Alcamo, S. Murgia).

Caratteristiche dell'involucro

Per uno studio approfondito sul comportamento termo-dinamico dell'edificio è necessario fornire al sistema software le informazioni necessarie per caratterizzare i componenti opachi e trasparenti dell'involucro. E' necessario quindi indicare le stratigrafie delle pareti e degli elementi orizzontali con indicazioni sulla conduttività termica, peso specifico, densità, capacità termica; per gli elementi trasparenti è necessario specificare le caratteristiche del telaio e dei vetri. Lo scopo è fornire ai sistemi software informazioni sufficienti affinché sia possibile stimare il comportamento termico dell'involucro nel suo insieme, tenendo conto degli scambi termici per trasmissione, convezione e irraggiamento, e della massa termica dell'involucro. L'orientamento dell'edificio influenzerà gli apporti solari termici gratuiti e darà informazioni sulle dispersioni per ventilazione legate alla prevalenza dei venti e alle aperture dell'involucro verso l'esterno.

Analisi dei risultati

A seconda dello studio effettuato e del tipo di software utilizzato, gli output possono essere di vario tipo, per esempio:

- comportamento termico e consumi energetici;
- illuminazione naturale e integrazione di luce artificiale e relativi consumi;
- valutazione del comfort interno (benessere termo-igrometrico e/o luminoso e/o acustico);
- qualità dell'aria interna;

- scambi termici tra zone adiacenti;
- ventilazione degli ambienti (meccanica e naturale) e percorsi di ventilazione (CFD);
- infiltrazioni d'aria;
- efficacia dei sistemi di ombreggiamento;
- studio dei percorsi solari relativi al sito;
- effetti dell'orientamento.

Gli output possono quindi essere forniti dagli strumenti software in modalità tabellare o grafica ovvero, nel caso dei percorsi solari, anche attraverso delle *movie*. I suddetti risultati possono essere talvolta estrapolati da un unico strumento software e spesso possono essere correlati tra loro. Tuttavia, esistono anche strumenti che non consentono lo studio globale, nei termini suddetti, ma si occupano solo di uno o di alcuni di questi punti. Maggiori sono le problematiche prese in considerazione, più complesso è il modello. Naturalmente, per fornire strumenti più adeguati alle prime fasi del processo di progettazione, il numero dei problemi considerati si mantiene al minimo. Di conseguenza, l'uso di strumenti più complessi è adatto negli stadi più avanzati del progetto in modo da garantire che tutti i problemi energetici connessi siano analizzati nei minimi dettagli. Laddove le problematiche diventano più complesse o critiche, diventa necessario l'uso di strumenti di simulazione agli elementi finiti. Tuttavia, lo scopo principale nell'uso di tali strumenti, per una progettazione energeticamente efficiente, consiste nel raggiungere un buon equilibrio tra tutti i fattori che in essa concorrono al fine di minimizzare il consumo energetico. Sfortunatamente nessuno strumento di progettazione permette di raggiungere tale risultato automaticamente, in quanto si tratta di un processo iterativo che richiede una determinata competenza del team di progetto, insieme all'utilizzo di strumenti appropriati.

Sono disponibili diversi pacchetti software che analizzano l'aspetto specifico di uno o più componenti dell'edificio e alcuni di essi verranno esposti di seguito.



Fig. 4.2 Studio della distribuzione della luce naturale. (Autori: A. Magario, E. Terlini).

4.2 Un panorama dei programmi per la progettazione e la valutazione energetica degli edifici

Gli strumenti di controllo per la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici possono essere classificati in due gruppi principali:

- strumenti di valutazione in regime dinamico;
- strumenti di valutazione in regime stazionario.

Gli strumenti di valutazione energetica in **regime dinamico** sono software che utilizzano algoritmi di calcolo complessi, spesso agli elementi finiti, e possono essere utilizzati dal progettista per il controllo di uno specifico componente ovvero per il controllo del sistema edilizio nel suo complesso. Vengono utilizzati per valutare la prestazione energetica di un edificio sito in una specifica località, contestualizzando le caratteristiche termo-igrometriche dei singoli componenti, studiandone l'effetto di sistema e apprezzandone il comportamento in termici dinamici. Tengono quindi in conto non solo gli effetti delle specifiche trasmittanze termiche, ma anche dell'inerzia termica del sistema costruito in un determinato contesto climatico, con un determinato orientamento, quindi specificamente soggetto a radiazione solare variabile durante la giornata e venti di velocità e temperatura variabili durante l'arco orario annuale.

Il progettista utilizza sempre più spesso strumenti in regime dinamico sia in fase di progettazione preliminare che in fase di controllo del costruito. Negli ultimi anni, i cambiamenti climatici, le esigenze di sostenibilità ambientale hanno portato i progettisti ad un controllo più consapevole del progetto architettonico dal punto di vista energetico ed ecco quindi la necessità di sviluppare nuove competenze anche sullo studio del patrimonio edilizio esistente, sempre più spesso soggetto ad interventi di riqualificazione energetica.

Anche in quest'ultimo caso, software di simulazione in regime dinamico, consentono lo studio comparativo di edifici esistenti con edifici potenzialmente meno energivori che, con opportuni interventi di riqualificazione, consentono una ottimizzazione dei consumi energetici annuali e un miglioramento delle condizioni di confort termico, luminoso e acustico.

Gli strumenti che consentono di studiare il comportamento termico di un edificio in regime dinamico utilizzano algoritmi di calcolo complessi che fanno riferimento al contesto climatico esterno (variabile), e le variabili climatiche sono relative alla temperatura esterna, all'umidità relativa esterna, alla radiazione solare diretta e diffusa, alla componente di cielo (coperto o sereno), alla velocità e alla direzione del vento e tengono spesso conto della piovosità, in termini di precipitazioni. I dati climatici sono generalmente archiviati in files che contengono le informazioni precedenti orarie, annuali e sono generalmente costruiti facendo riferimento alla media dei valori orari di almeno 10 anni.

Oggi la tendenza in Europa è di introdurre i software in regime dinamico per la valutazione del comportamento energetico di un edificio con algoritmi di

calcolo unificati che possano consentire il controllo e la valutazione di edifici diversi in tutti i paesi Europei.

Gli strumenti di valutazione energetica in **regime stazionario**, sono normalmente utilizzati per verificare che l'edificio soddisfi dal punto di vista energetico le normative vigenti, nazionali. Si tratta quindi di codici di calcolo che tengono conto per esempio delle temperature medie mensili e che non consentono di ottimizzare il comportamento energetico dell'edificio adattandolo alle variabili orarie annuali. Consentono però di prevedere la spesa energetica annuale per riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, ventilazione e illuminazione, senza tenere conto della variabilità del clima, consentendo quindi il dimensionamento dei relativi impianti in condizioni estreme.

Tra gli strumenti suddetti, alcuni possono essere classificati come strumenti di controllo specifico mentre altri possono essere classificati come strumenti di controllo globale.

Gli **strumenti di controllo specifico** forniscono assistenza alla progettazione, per esempio nel calcolo delle trasmittanze termiche dei componenti dell'edificio oppure per valutare l'impiego di tecniche specifiche come l'uso della ventilazione naturale; infine, per analizzare il comportamento dell'intorno ambientale in cui insiste l'edificio, per studiarne per esempio i percorsi solari giornalieri, annuali o l'effetto canyon.

Questi strumenti di controllo possono aiutare i progettisti a comprendere e valutare in che modo influiscono le diverse tecniche e i sistemi introdotti nell'edificio, nelle differenti condizioni al contorno, consentendo così un'indagine approfondita dei parametri specifici dell'ambiente costruito.

Questi strumenti prevedono procedure di calcolo indipendenti da quelle volte alla definizione di un comportamento globale dell'edificio e, infatti, non prevedono la valutazione nel quadro ambientale globale dell'edificio. Come detto precedentemente, si tratta di strumenti che forniscono complessi algoritmi di calcolo e necessitano spesso di specifiche competenze o di un'assistenza progettuale per calcolare la performance specifica del componente edilizio, oppure di una tecnica precisa, per investigare su una parte dell'intorno ambientale dell'edificio. Questi strumenti sono normalmente utilizzati per ottenere un pre-dimensionamento dei componenti dell'involucro. Per esempio: il comportamento termico di un componente opaco o di un componente trasparente viene spesso associato ad un parametro chiamato conduttanza termica espressa in W/m^2K . Oggi si tende ad introdurre nel progetto edilizio sistemi e componenti innovativi le cui performance energetiche non sono adeguatamente studiate; nello specifico ci riferiamo all'uso di pareti ventilate, oppure all'utilizzo di nuovi materiali isolanti che sono stati realizzati con l'uso di nanotecnologie. In questi casi, calcolare il comportamento energetico del componente o del sistema in regime stazionario non è sufficiente, proprio per

le peculiarità, per esempio, delle pareti ventilate che hanno un comportamento diverso a seconda dell'altezza della parete, dello spessore della camera d'aria, della finitura superficiale e dell'irraggiamento sulla superficie esterna. Si tende quindi a simulare e prevedere il comportamento di questi nuovi sistemi utilizzando strumenti in grado di prevedere la ventilazione all'interno della parete ventilata, correlando il movimento dell'aria alla differenza di pressione e temperatura che si ha alle varie altezze della parete. In questo caso risultano particolarmente interessanti gli strumenti che consentono di valutare i fenomeni di trasferimento di massa (ventilazione ed infiltrazione). Questi ultimi permettono anche di valutare il movimento dell'aria tra edifici e ambiente circostante e tra le varie zone dell'edificio, tutti effetti che giocano un ruolo importante nella determinazione dell'equilibrio termico dell'edificio, in quanto regolano simultaneamente i livelli di comfort termico e la qualità dell'aria interna.

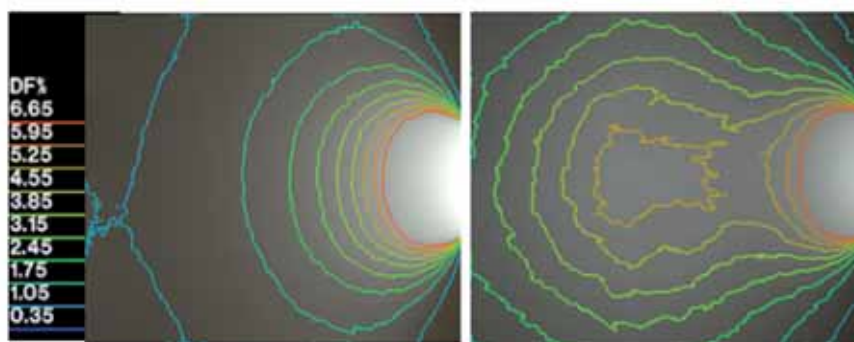


Fig. 4.3 Analisi del fattore di luce diurna tra stanze con superficie vetrata diversamente distribuita. L'analisi è stata condotta in Radiance. (Autori: G. Alcamo, D. Matteoli).

Gli strumenti di controllo globale mirano ad integrare tutte le procedure di calcolo utili alla valutazione complessiva del comportamento energetico e spesso anche delle caratteristiche della qualità dell'aria dell'edificio. Questi strumenti si basano generalmente su codici dettagliati di simulazione, anche se alcuni di essi si basano su metodi semplificati.

Questi strumenti integrano procedure di calcolo che descrivono quasi tutti i più importanti fenomeni di trasferimento del calore e forniscono all'utente una serie di informazioni sul comportamento termodinamico sia dei singoli componenti sia dell'intero edificio.

Quelli semplificati, basati su algoritmi empirici o statistici validi sotto precise condizioni di limite, permettono il calcolo del consumo energetico globale dell'edificio, ma senza la possibilità di simularne le caratteristiche dinamiche; naturalmente devono essere usati tenendo in considerazione i limiti della loro precisione ed approssimazione.

I cosiddetti modelli CFD (Computational Fluid Dynamic) si basano sulla risoluzione delle equazioni di Navier-Stokes combinate con i modelli di turbolenza.

Questi strumenti consentono di determinare la velocità dell'aria in una zona e prevederne il percorso cioè i flussi d'aria attraverso i vari componenti e la concentrazione di inquinanti interni nelle varie zone. Sebbene questi strumenti siano molto potenti, hanno un limite non indifferente, cioè la loro complessità è tale che spesso solo esperti sanno utilizzarli in maniera adeguata. Talvolta inoltre, il loro costo rimane elevato. Questi strumenti sono più efficienti quando il flusso d'aria è causato da differenze di temperature e di pressione piuttosto che dal vento. Di seguito, in ordine alfabetico, la breve descrizione di alcuni strumenti di controllo specifico e di controllo globale.

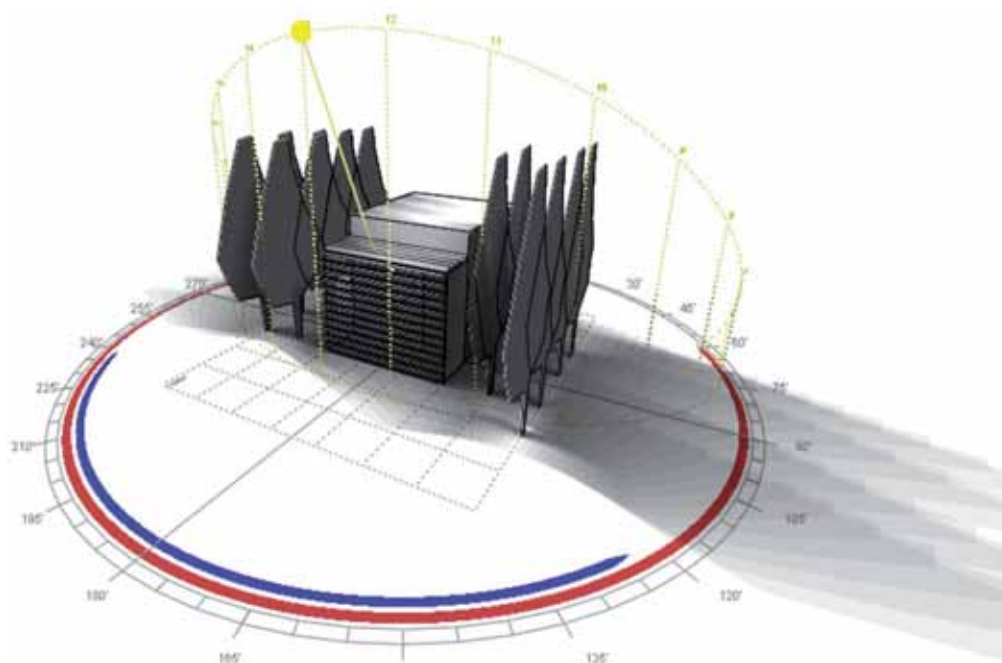


Fig. 4.4 Studio dei percorsi solari e delle schermature con il software di simulazione globale ECOTEC. (Autore: B. Castelli).

DESIGN BUILDER

È stato sviluppato per semplificare il processo di simulazione energetica di un edificio, confrontare soluzioni progettuali diverse e mettere a confronto i risultati con i relativi costi benefici. Il software non è gratuito.

Disponibile presso Palace Chambers, 41 London Rd, Stroud, Gloucestershire, GL5 2AJ, UK.

Lo strumento è reperibile al seguente indirizzo <http://www.designbuilder.co.uk/>

DOE-2

È uno strumento creato per facilitare il lavoro di calcolo degli impiantisti, consentendo di prendere in considerazione diverse strategie energetiche così come

le tecniche solari passive. Il programma consente la valutazione del comportamento termico per qualsiasi tipo di impianto HVAC. Gli outputs del programma consentono di definire le performance dell'impianto installato, la performance termica dell'edificio e, infine, definire una precisa analisi costi-benefici. Sviluppato da Laurence Berkeley Laboratory, California, USA.

Disponibile presso Laurence Berkeley Laboratori, Window and Daylighting Group, Berkeley, CA 94720.

ECOTECT

Si tratta di uno strumento di simulazione globale, che consente cioè lo studio energetico di un edificio dal punto di vista termico, del soleggiamento, delle schermature, della luce naturale e artificiale, lo studio della performance acustica. Restituisce output sia in modalità grafica che tabellare e risulta *friendly* nell'approccio. Si utilizza diffusamente per capire il comportamento energetico di un edificio per grandi linee.

Dal 2008 distribuito da Autodesk <http://usa.autodesk.com/>

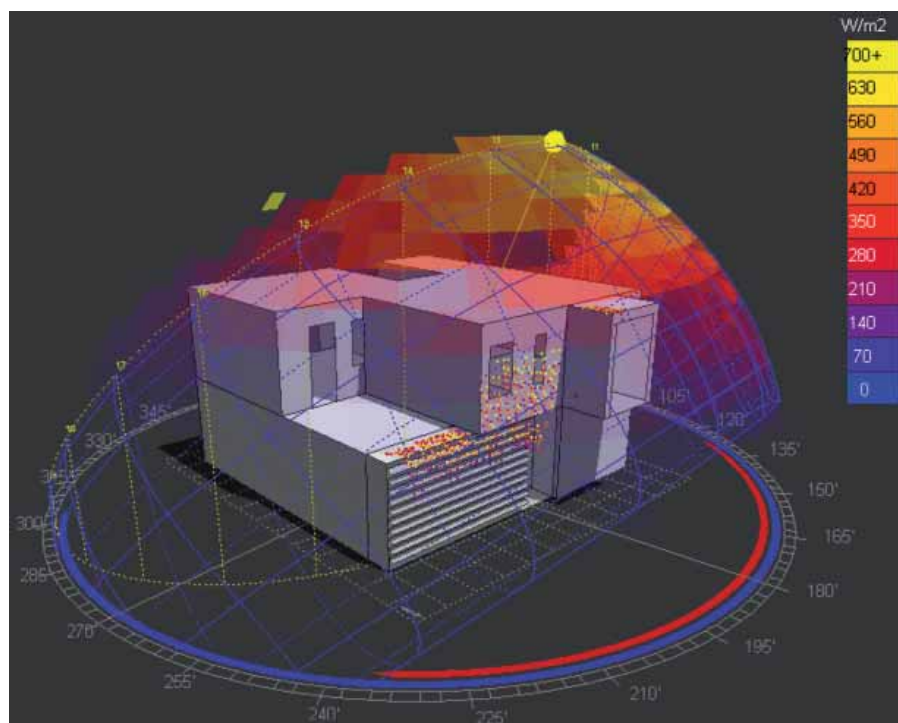


Fig. 4.5 Studio dei percorsi solari con ECOTECT. (Autore: M. Sarissa).

ENERGY PLUS

Consente di studiare il comportamento energetico di un edificio sia dal punto di vista termico che dal punto di vista del raffrescamento, della luce artificiale, della

ventilazione, consentendo di quantificare i relativi consumi anche inerenti all'acqua calda sanitaria o all'uso integrato dei sistemi fotovoltaici. Permette di ottenere in output le simulazioni orarie oppure si può investigare su risultati per esempio ogni 15 minuti, cioè in un arco di tempo più ristretto. Il software non è gratuito.

Disponibile presso U.S Department of Energy all'indirizzo <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

ESP-r

Si tratta di un programma gratuito, Open Source, capace di modellare e quindi prevedere il comportamento energetico di componenti e di sistemi; consente lo studio termo-fluido dinamico e consente lo studio combinato del sistema edificio-impianto con il sistema climatico esterno variabile. E' in grado di prevedere il comportamento termo-fluido dinamico di facciate ventilate. Si interfaccia con altri strumenti di simulazione quali per esempio Radiance.

La versione originale nasceva su piattaforma Linux, oggi è disponibile anche una versione per Windows.

Sviluppato da Energy Simulation Research Unit, University of Strathclyde, Department of Mechanical Engineering.

Disponibile presso Prof. J.A. Clarke, Energy Research Unit, University of Strathclyde, Department of Mechanical Engineering, James Weir Building, 75 Montrose Street, Glasgow G1 1XJ, Scotland, UK.

Lo strumento è reperibile al seguente indirizzo: <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>

LAMAS

È uno strumento dedicato alla valutazione del controllo solare dovuto all'uso di tende combinate alle finestre. Il programma è sofisticato e molto appropriato per i progettisti interessati all'ottimizzazione dei sistemi di protezione solare.

Sviluppato nella sede del programma di ricerca Pascool finanziato dalla Commissione Europea, Direzione generale di Scienze, Ricerca e Sviluppo.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784 Athens, Greece.

PASSPORT

È uno strumento di valutazione basato su un sistema di correlazioni che consente di valutare la richiesta di riscaldamento per gli edifici residenziali; questo strumento fa riferimento in particolare ad uno Standard Europeo. Un gruppo di lavoro dell'European Standardization Committee (CEN TC 89 WG4) ha, infatti, lavorato in stretta collaborazione per lo sviluppo delle basi teoriche di questo

strumento di progettazione. L'utente di Passport può scegliere se seguire strettamente gli Standards indicati, o definire ulteriori caratteristiche specifiche, che non siano state prese in considerazione dal CEN per ragioni di semplificazione, con l'intento di migliorare l'accuratezza dei risultati.

Il metodo si basa sullo stato di equilibrio energetico, indicato per determinate zone, che tiene conto delle variazioni di temperatura esterna e dell'effetto dinamico dei guadagni gratuiti interni e solari. Si compone di due moduli:

- **PASSPORT-PLUS**

Sviluppato da University of Seville, Group of Thermotechnia and Group Building Environmental Studies of Athens. Sviluppato nella cornice di PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Department of Physics, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, Athens, GR 15784, Greece.

- **PASSPORT-AIR**

Sviluppato da Group Building Environmental Physics, University of Athens, Greece, in collaborazione con un team partecipante al PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

PHOENICS

È uno strumento che consente di simulare il processo relativo ai percorsi dei fluidi, al trasferimento di massa e di calore, alle reazioni chimiche e alla combustione di equipaggiamenti ingegneristici. Anche se creato ad uso del mondo aeronautico e meccanico, ha applicazioni anche nel campo dell'ingegneria civile. Sviluppato da CHAM Concentration Heat and Monumentum Limited

Disponibile presso CHAM Concetration Heat & Monumentum Limited Bakery House High Street, Wimbledon Village, London SW19 5AU, UK.

Lo strumento è disponibile sul sito <http://www.cham.co.uk/default.php>

RADIANCE

È un software che lavora in ray-tracing per lo studio dell'illuminazione naturale ed artificiale di interni.

Sviluppato da U.S. Department Of Energy con il contributo di Swiss Federal Government. Il Copyright è di proprietà di Regents of the University of California.

Benchè sia nato in ambiente Unix, è oggi disponibile nella versione Desktop Radiance per windows. Tra i software gratuiti sullo studio dell'illuminazione naturale, è tra i più sofisticati e precisi ed è diffusamente utilizzato negli ambiti di ricerca scientifica.

È scaricabile gratuitamente dal sito <http://radsite.lbl.gov/radiance/index.html>

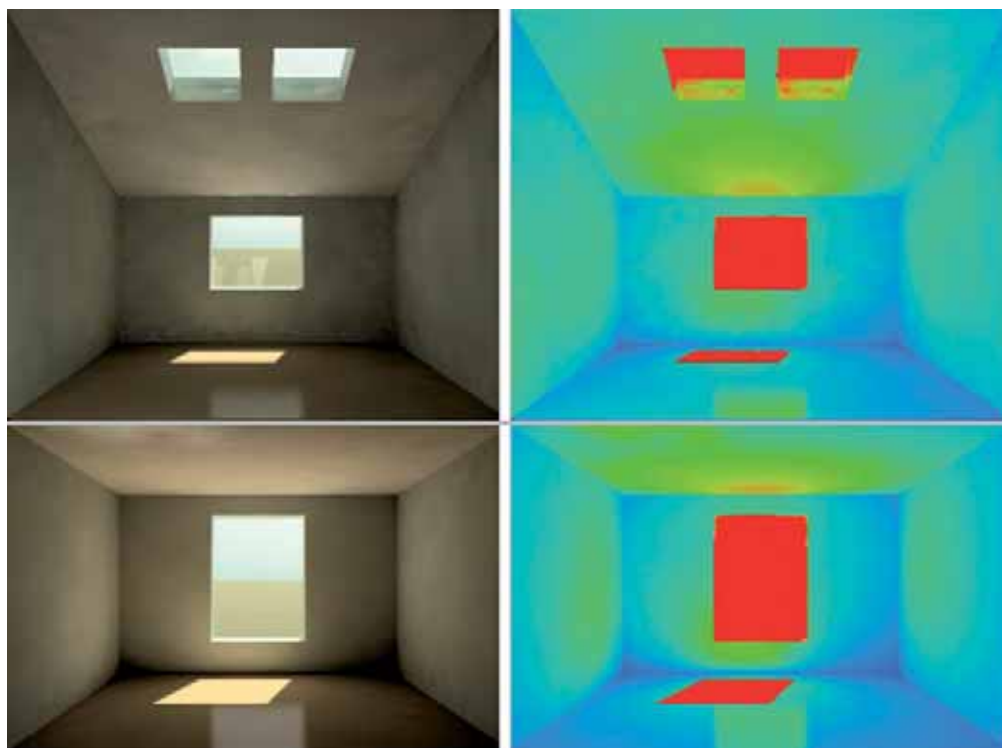


Fig. 4.6 Confronto della distribuzione di luce naturale tra un piano terra e un sottotetto.
Le due stanze hanno eguale superficie finestrata ma diversamente distribuita.
Simulazioni in RADIANCE. (Autori: G. Alcamo, D. Matteoli).

RELUX

Si tratta di uno strumento per simulare la luce naturale e artificiale. Di facile utilizzo, consente di importare le curve fotometriche degli apparecchi di illuminazione, lavorare sul progetto di interni o di esterni.

Distribuito da <http://www.relux.biz/>

SHADOWPACK

È uno strumento in grado di valutare l'impatto di vari tipi di ostacoli e sistemi di protezione. Il programma ha un'interfaccia grafica molto "amichevole", una biblioteca di ostruzioni a disposizione dell'utente ed è molto utile per capire gli effetti dei diversi sistemi schermanti.

Sviluppato da Unità di ricerca congiunta EC, ISPRA.

Disponibile presso R. Peckham, EC joint Research Unit, ISPRA, Varese Italy,
<http://www.jrc.org>

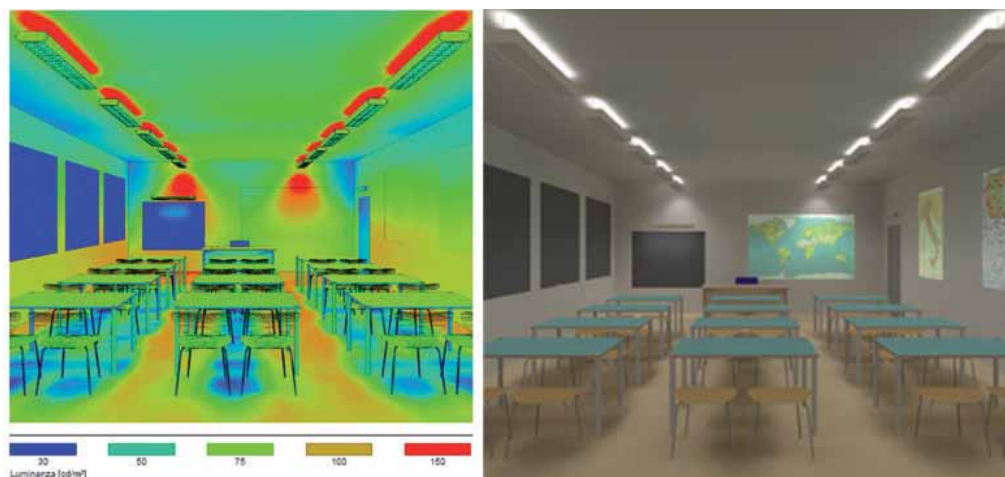


Fig. 4.7a – 4.7b Simulazione della luminanza e rendering con il software RELUX. (Autore: M. Saracino).

SINK

È uno strumento sviluppato nel quadro del programma di ricerca europea Pascool per calcolare le principali caratteristiche termiche dei pozzi di calore ambientali, soprattutto suolo, acqua e cielo. Questo programma risulta quindi utile ai progettisti o agli esperti interessati alla valutazione del potenziale raffrescamento di questi diversi tipi di accumulatori.

Sviluppato da University of Seville, Group of Thermotechnia. Sviluppato nella cornice di PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Buil. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

SUMMER

Il modulo “protezione solare” SLP, integrato nel software SUMMER, include algoritmi dettagliati per calcolare l'ombreggiamento degli elementi trasparenti dovuto agli ostacoli esterni o alla combinazione di vari altri elementi di protezione. Il programma calcola il modello dinamico dei coefficienti di ombreggiamento globale, la radiazione solare diffusa e riflessa; inoltre include un interessante modulo di analisi di sensitività che consente di variare i parametri in gioco e di valutarne direttamente l'impatto sul comportamento energetico.

Il programma è adatto a progettisti che vogliano definire gli effetti della radiazione diffusa e riflessa. Sviluppato nel quadro del programma SAVE della Commissione Europea, prevede algoritmi per verificare gli scambi con il terreno, i componenti di raffrescamento evaporativo e radiativo, come pure le tecniche di ventilazione notturna. Questo strumento fornisce informazioni sul comportamento dei vari componenti dell'edificio, accoppiati o meno con esso. Moduli di sensibilità analitica sono inclusi per aiutare ad ottimizzare la procedura di dimensionamento. Lo strumento può quindi risultare veramente utile per progettisti interessati al disegno efficiente e ad una buona integrazione dei componenti di raffrescamento naturale negli edifici.

Sviluppato da Group Building Environmental Physics, University of Athens, Greece, sotto contratto con the European Commission, Directorate General for Energy, SAVE Program.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

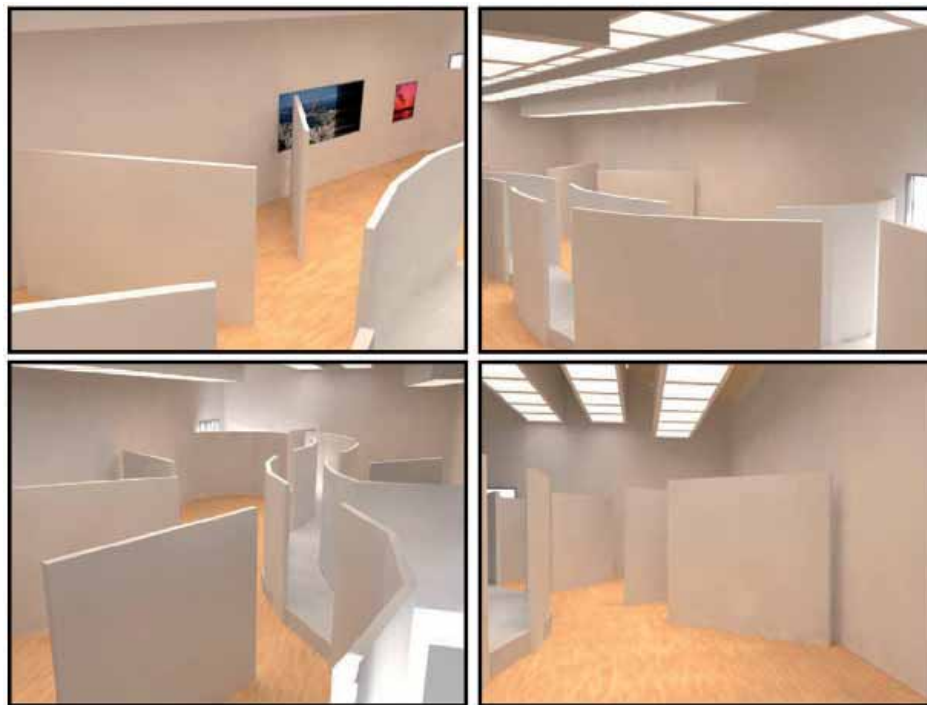


Fig. 4.8 Studio della distribuzione della luce naturale con il programma RELUX. (Autori: V. Giorgi, A. Rocco).

TRNSYS

È uno strumento di simulazione in regime dinamico che consente lo studio integrato di edificio-impianto. Consente lo studio e il dimensionamento di impianti

HVAC, lo studio delle performance termiche, il controllo solare. Permette, oltre che lo studio di un edificio in termini globali, anche lo studio di previsione di componenti quali per esempio le facciate ventilate.

Sviluppato da Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA.

Disponibile presso Solar Energy Laboratory, 1303 Engineering Research Building, University of Wisconsin-Madison, 500 Johnson Drive, Madison, WI 53706, USA.

Lo strumento è disponibile, non gratuitamente, sul sito <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>